

A caccia di oro ...



Marilena Moroni

ORO (Au)

Metallo di transizione, numero atomico: 79,
peso atomico 196.97

1 New Designation
IA Original Designation

Atomic #
Symbol
Atomic Mass

Non-Metals

s-block

d-block

Transition Metals

p-block

Mass Numbers in Parentheses are from the most stable of common isotopes.)

Phases
Solid
Liquid
Gas

Rare Earth Elements

Lanthanide Series

Actinide Series

1 H 1.0094	2 He 4.00260																
3 Li 6.941	4 Be 9.0122											5 B 10.81	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.179
11 Na 22.990	12 Mg 24.305											13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.06	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.098	20 Ca 40.08	21 Sc 44.956	22 Ti 47.88	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.847	27 Co 58.933	28 Ni 58.69	29 Cu 63.546	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80
37 Rb 85.468	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.91	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97	
87 Fr (223)	88 Ra (226.03)	89 Ac 227.03	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np 237.05	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (260)	



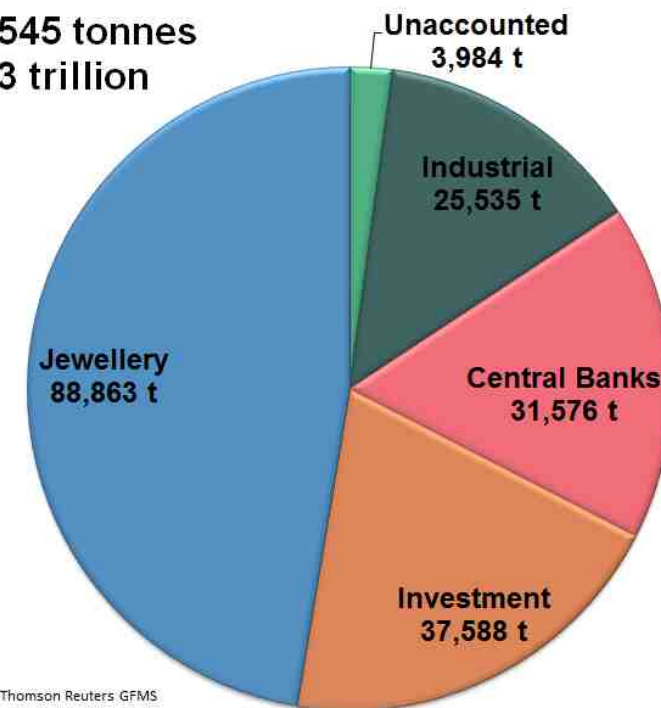
... e poi è bello!!

Lucentezza metallica e colore giallo sole
brillante ... In lega con Ag, Cu, Bi, Pt, Pd,
Te, Fe, Hg, ... → dal bianco argentato al
verdastro al rosso-arancio-rosato

Proprietà dell'oro

Indistruttibilità, inerzia chimica, massima
duttilità, altissima conduttività elettrica e
termica, riflessione completa dei raggi infrarossi,
catalisi, ...

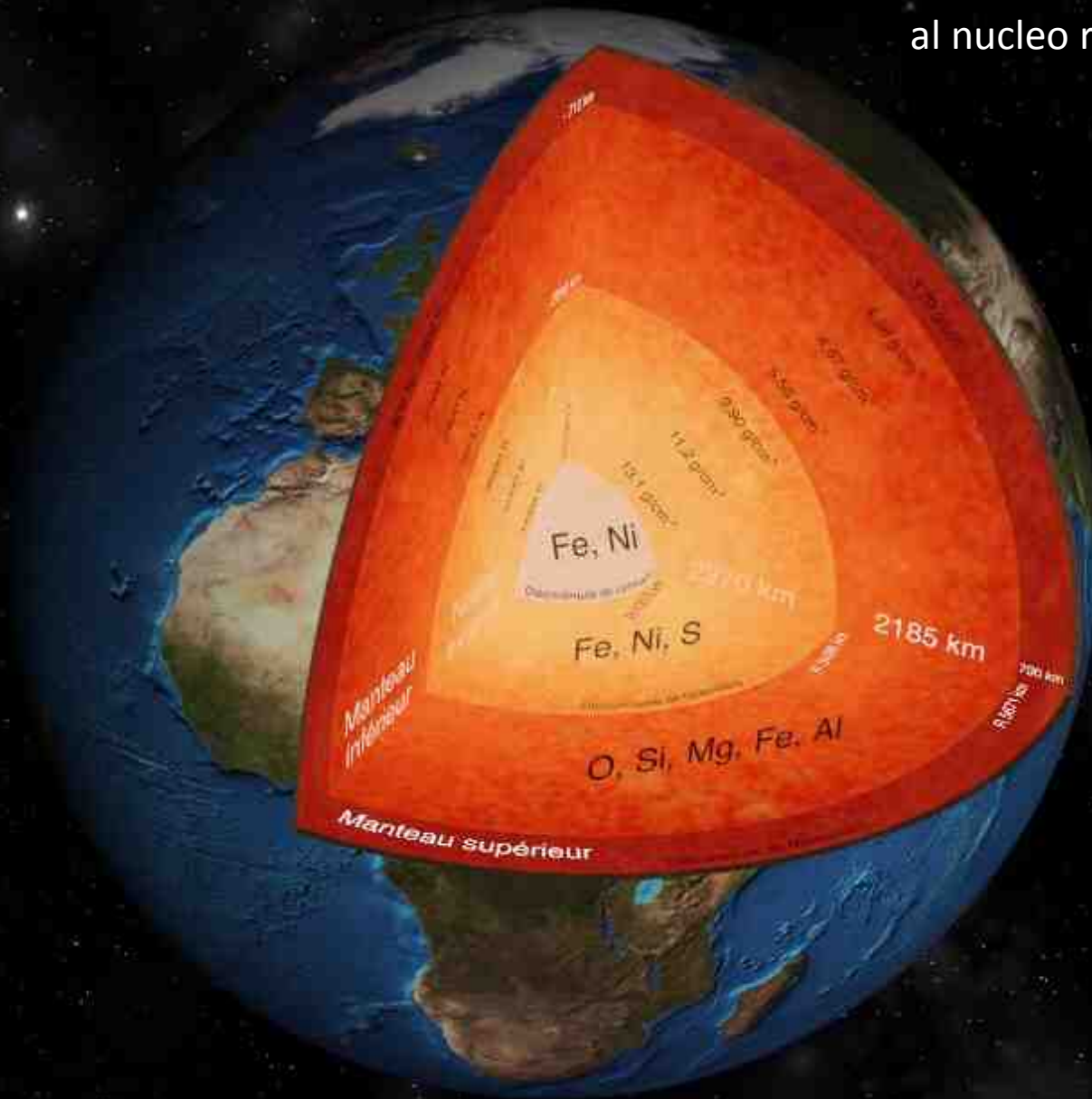
187,545 tonnes
\$7.13 trillion



Source: Thomson Reuters GFMS

Applicazioni

Au è un elemento **Siderofilo**, come Fe, Ni, Co, PGE → più affine al nucleo rispetto al mantello ed alla crosta terrestre ...



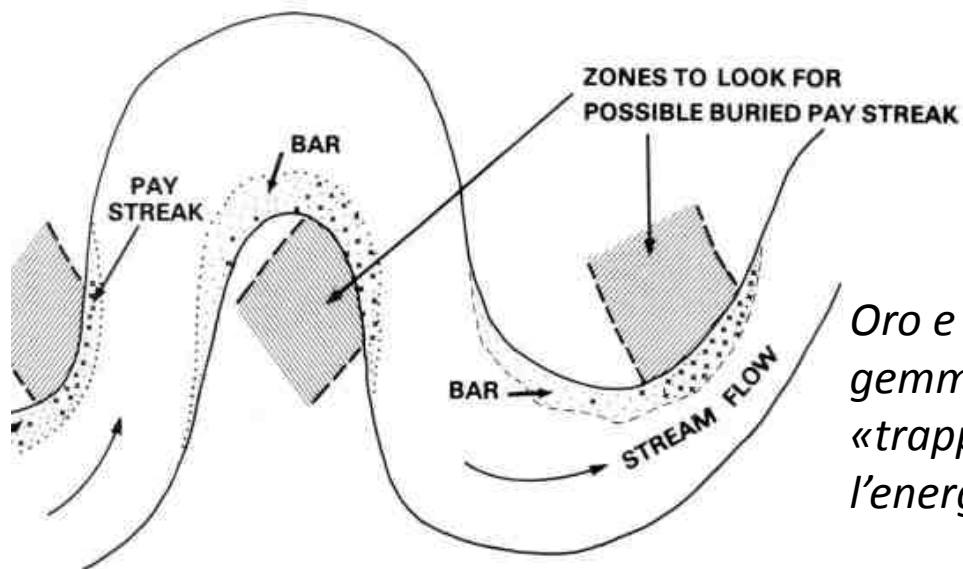
Rocce e materiali naturali	concentrazione media (ppm)
media crostale	0.004
ultramafiti	0.0032
gabbri-basalti	0.0032
dioriti-andesiti	0.004
graniti-rioliti	0.0023
calcari	0.005
arenarie	0.005
argilliti	0.004
Suoli	0.002
Acqua	0.002
cenere vegetale	0.0007
in vari tipi di giacimenti	0.5 → 10 ppm

N.B. → Densità (g/cm³)

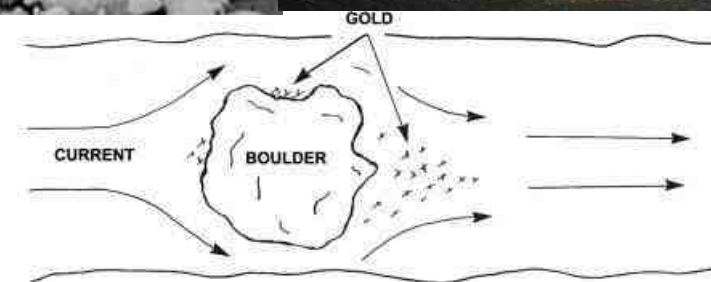
Au puro: 19.3, in lega: tra 16 e 18

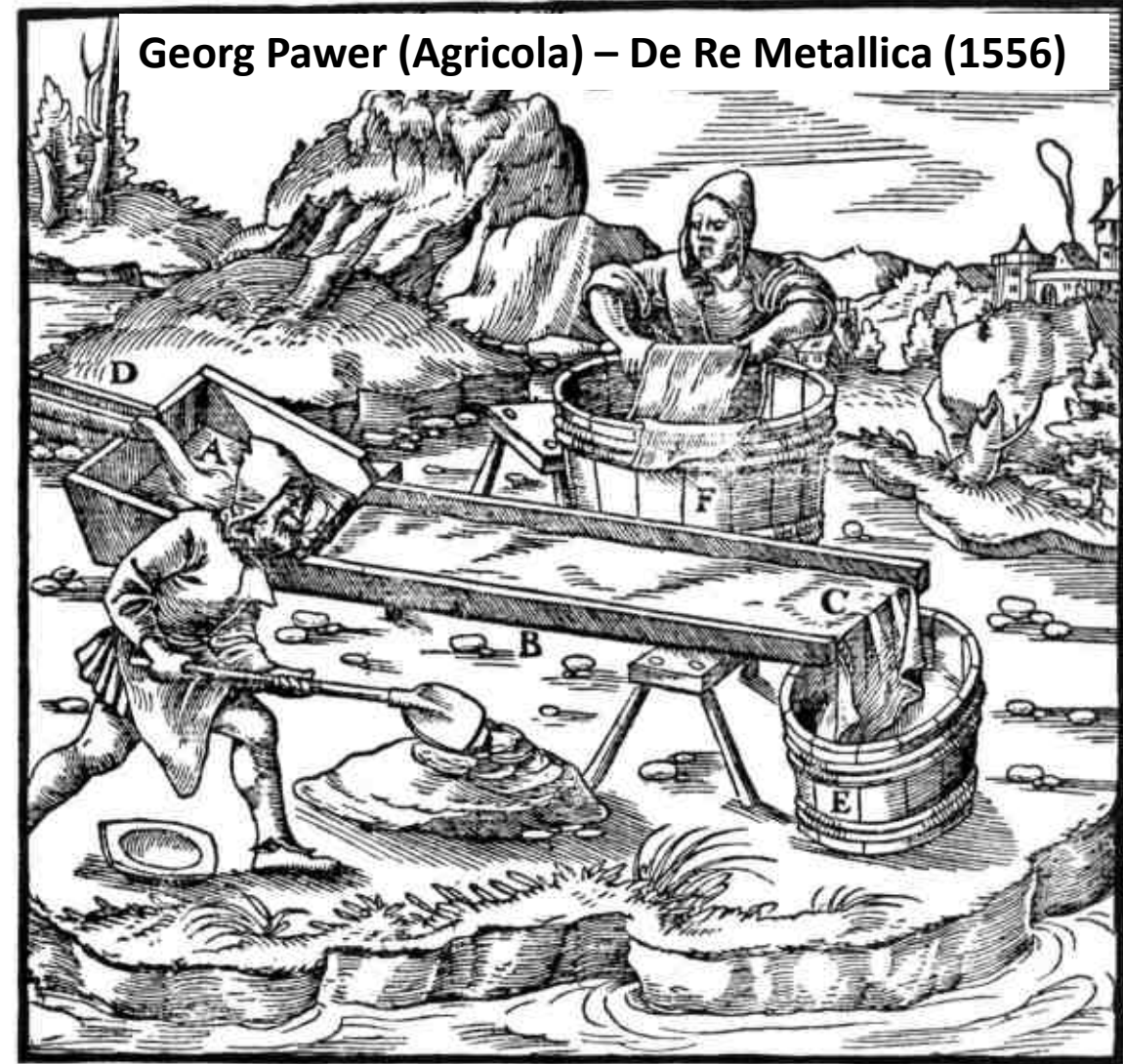
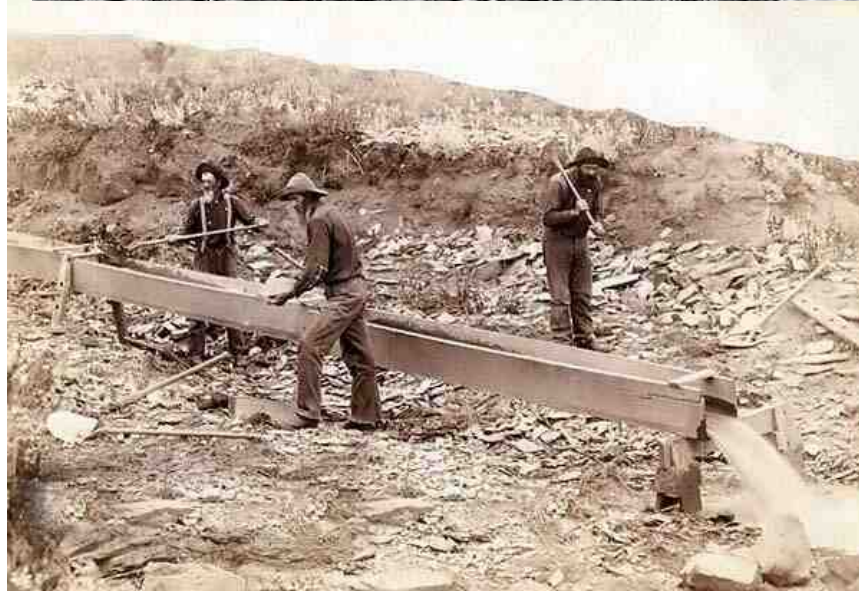
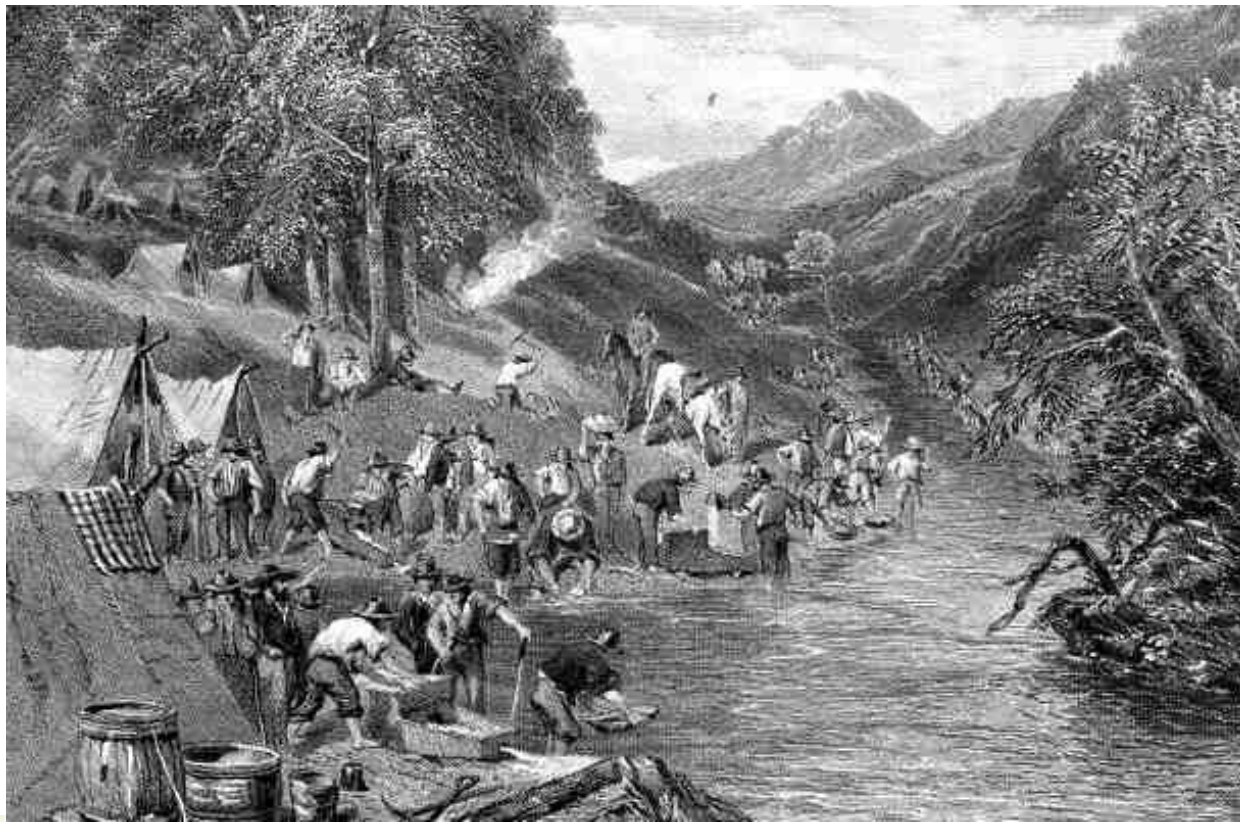
rocce silicatiche: 2.5 – 3.3

... le pepite nei sedimenti fluviali (placers): tra i primi giacimenti coltivati!



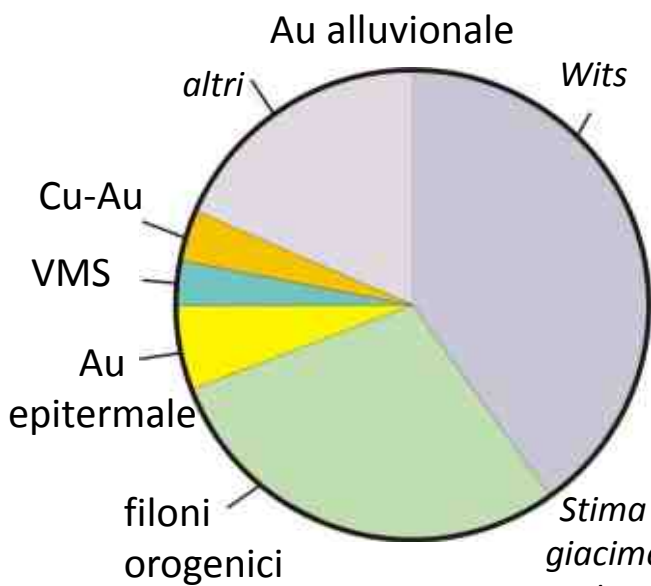
Oro e altri minerali pesanti (tra cui gemme e diamanti) si concentrano in «trappole» accumulandosi dove l'energia della corrente fluviale cala





A—HEAD OF FRAME. B—FRAME. C—CLOTH. D—SMALL LAUNDER. E—TUB SET BELOW THE FRAME. F—TUB IN WHICH CLOTH IS WASHED.

A setacciare le sabbie aurifere col pan e a lavorarle con lo sluice in Klondike come nel Medioevo e nell'antichità (il vello d'oro ...)! E come ancora al giorno d'oggi ...



Stima del contributo di Au da diversi tipi di giacimenti a partire da 6000 anni fa (= inizio documentato di coltivazione mineraria)

L'oro si trova concentrato in vari tipi di giacimenti, ma il più grande deposito d'oro esistente, **Witwatersrand (Wits)** in Sudafrica, è un enorme placer alluvionale di 3 miliardi di anni fa!

Placer a pirite, oro e uraninite

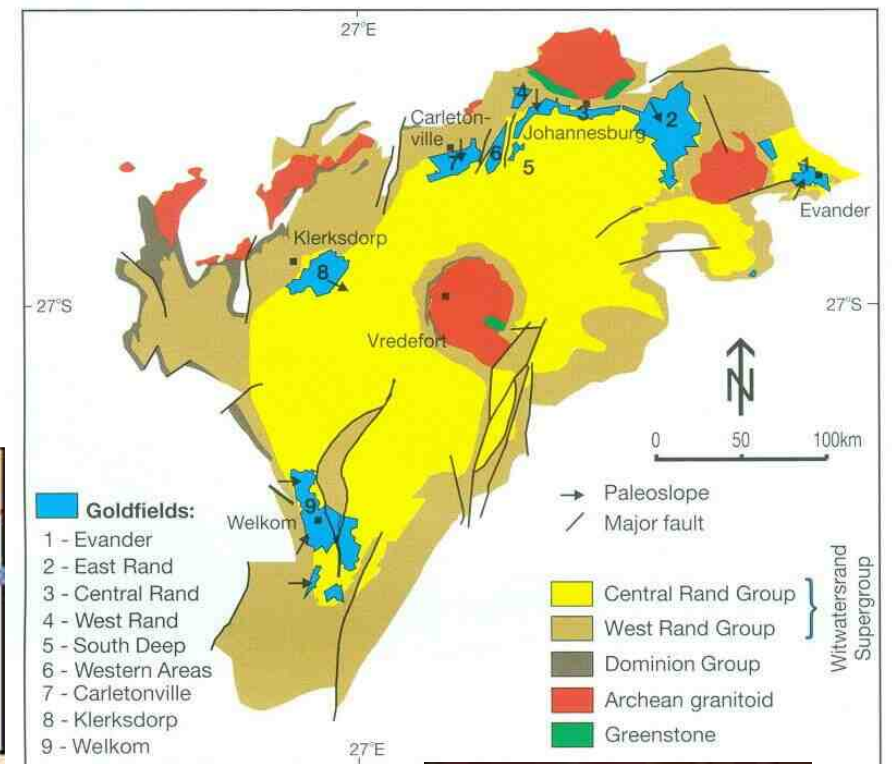
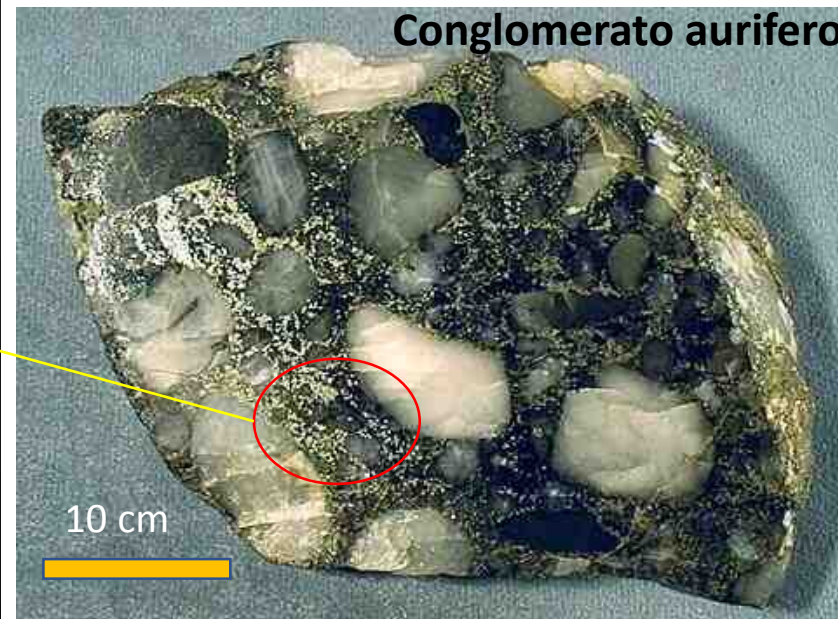
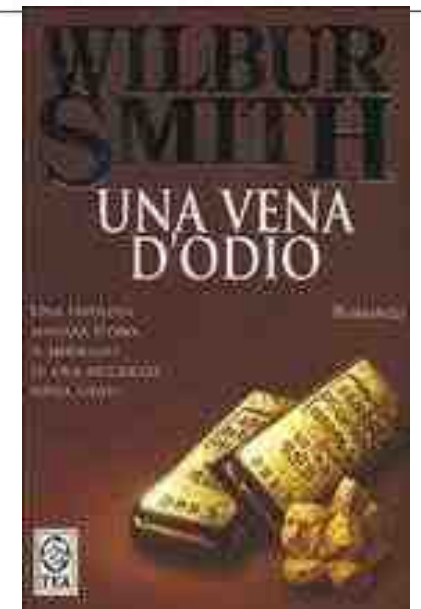


Photo by Bruce Cairncross (Mindat)



Conglomerato aurifero

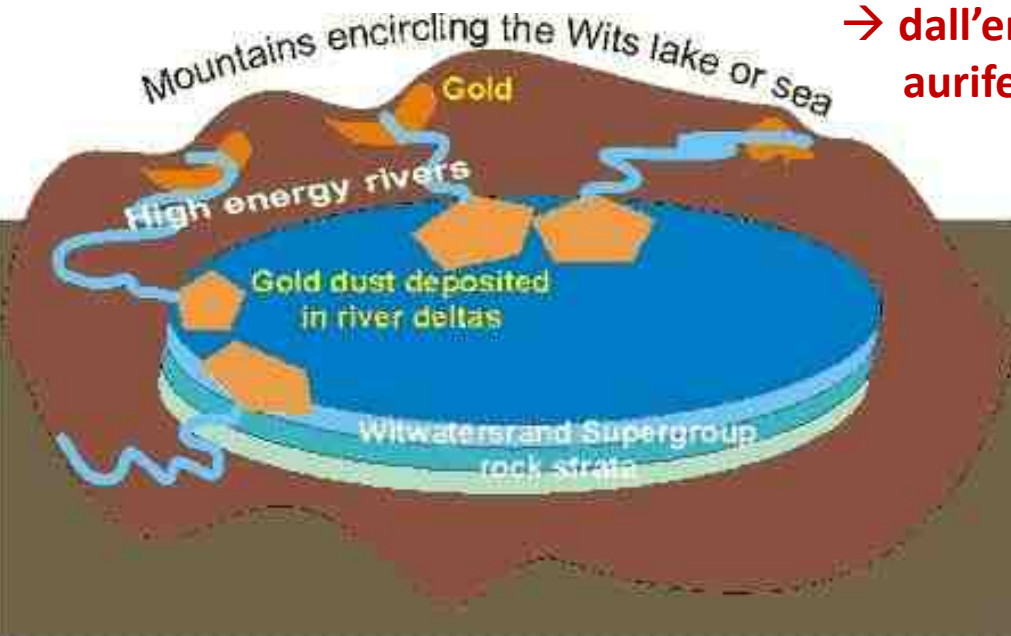


Witwatersrand (Sudafrica), un sistema lago + conoidi di 3 miliardi di anni fa, in presenza di atmosfera asfittica



Ma da dove arriva l'oro detritico nelle sabbie dei fiumi, adesso come 3 miliardi di anni fa?

→ **dall'erosione di sciame di filoni auriferi affioranti a monte!**



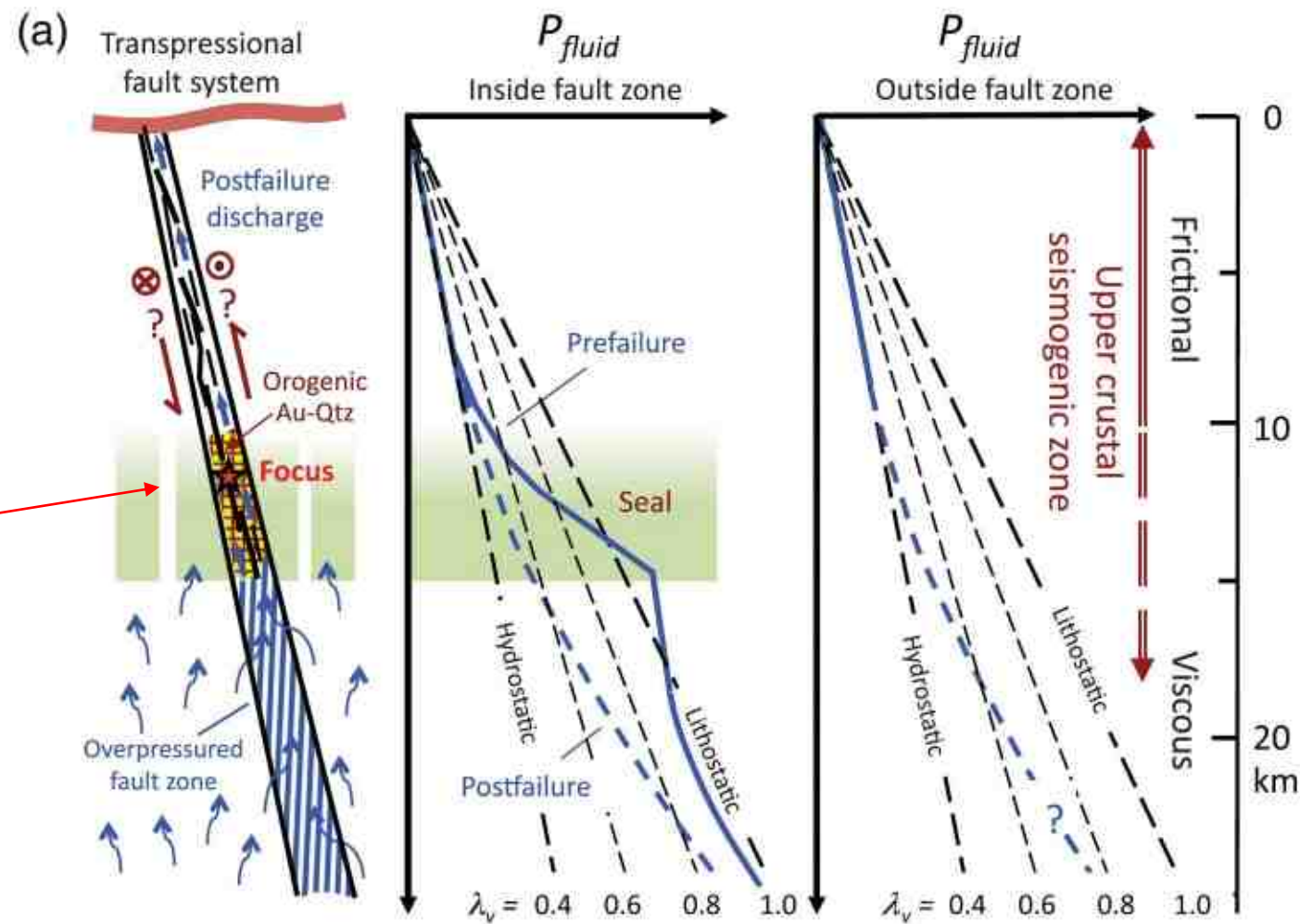
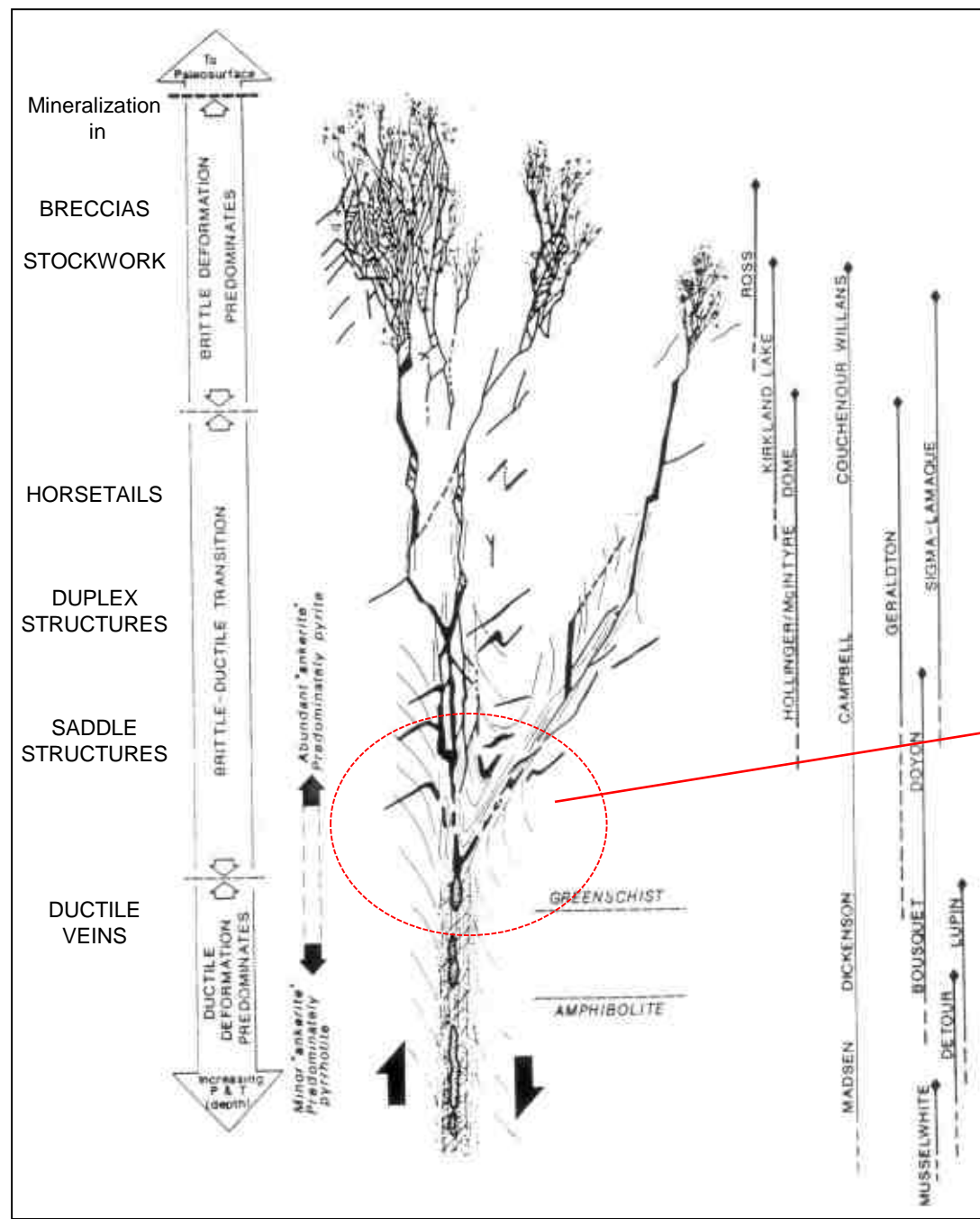
Strutture quarzose mineralizzate, spesso ricche di pirite ed arsenopirite, situate entro le catene montuose e formate tra 3.5 miliardi fino a <1-10 milioni di anni fa



Relazione tra filoni auriferi e sistemi di faglie trans-crostaali nelle catene orogeniche

Potenzialmente i filoni auriferi si formano ogni volta che si verifica un sisma durante lo sviluppo delle catene orogeniche

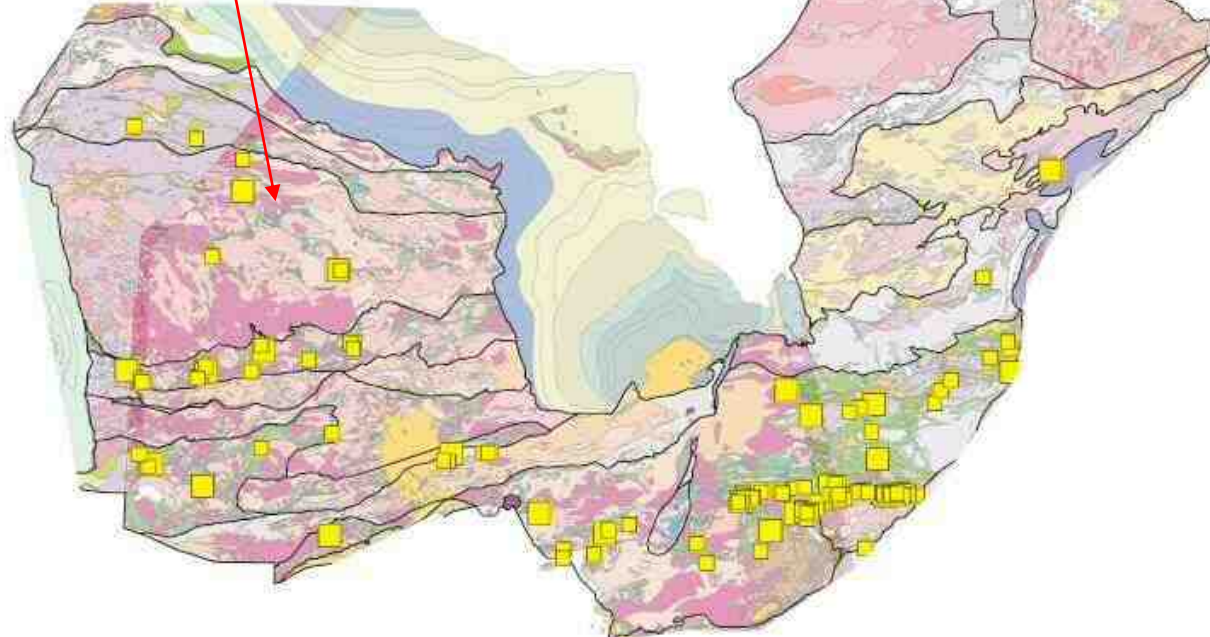
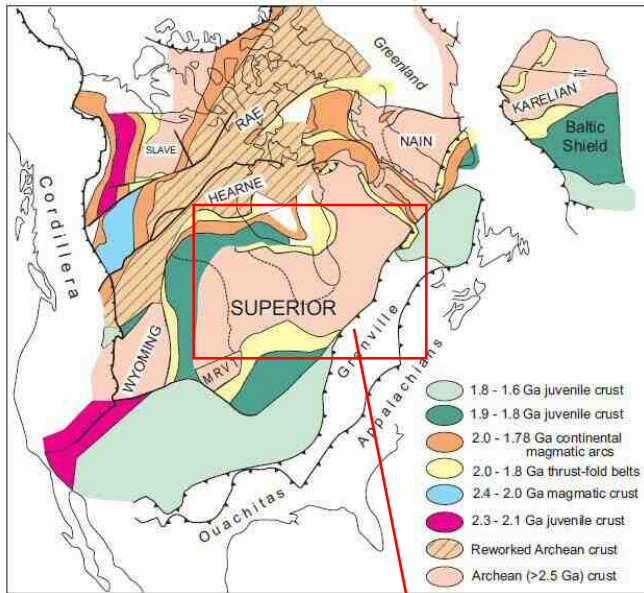
→ Oro e faglie «sismogeniche» di Sibson



Le catene orogeniche di 3.5, 2.7, e 2.1 miliardi di anni fa (es., Canada-USA, W Australia, Brasile, W Africa) sono **mostruosamente** ricche di filoni idrotermali auriferi ...

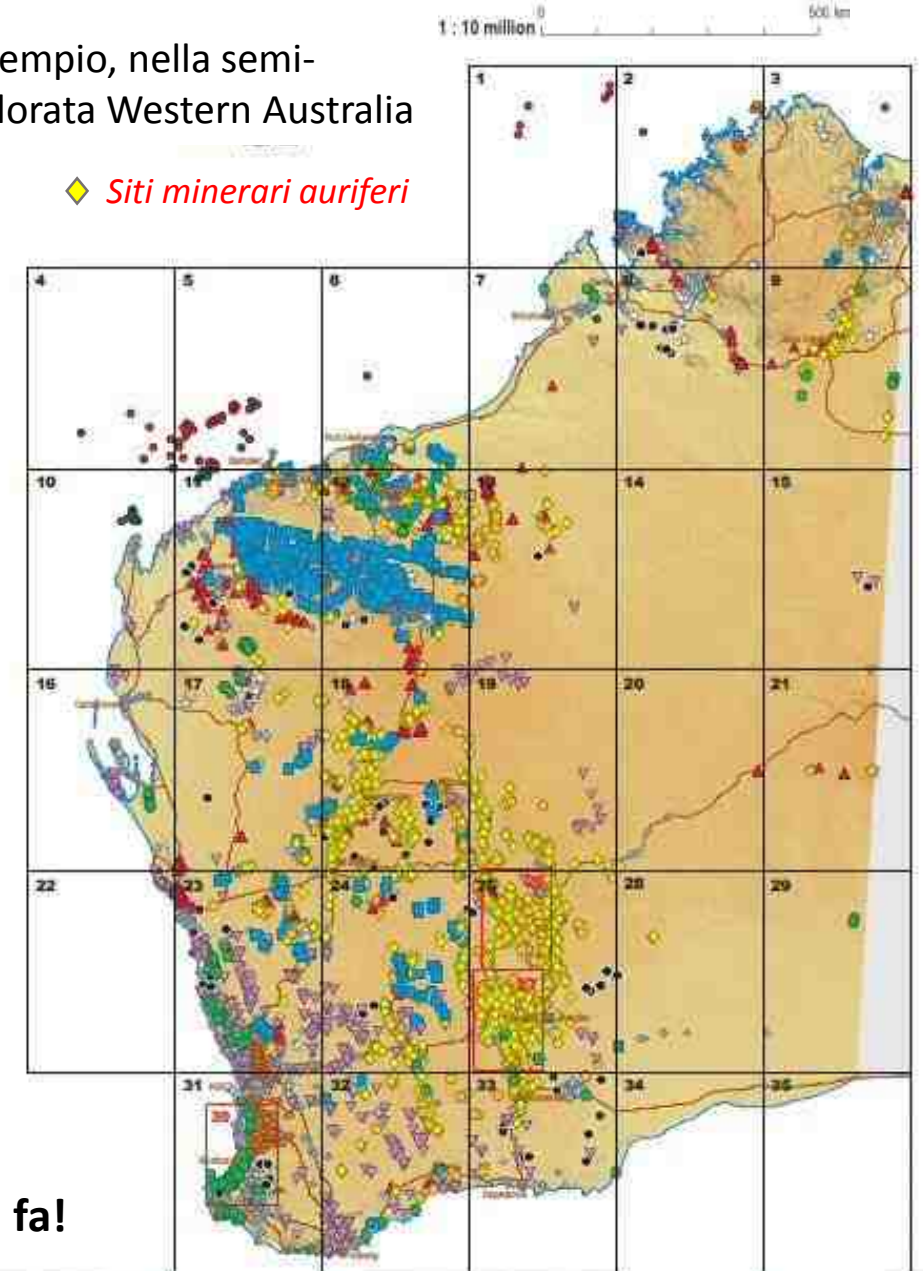
Ad esempio, tra Canada e USA ...

■ *Siti minerari auriferi*



Ad esempio, nella semi-inesplorata Western Australia

◆ *Siti minerari auriferi*



Ma c'è oro anche in catene orogeniche di 330 e fino a <30 milioni di anni fa!

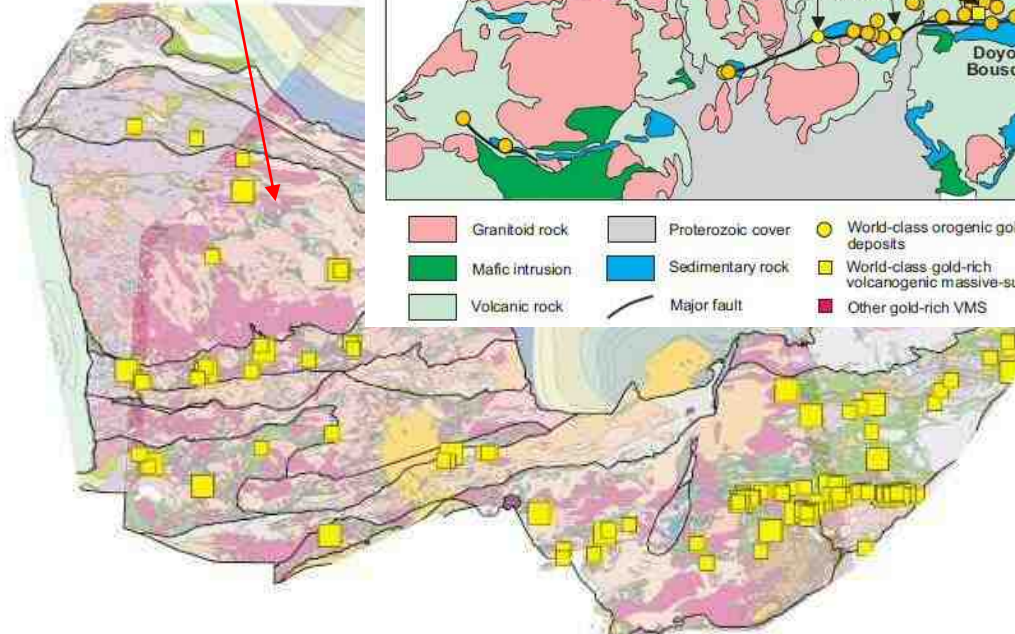
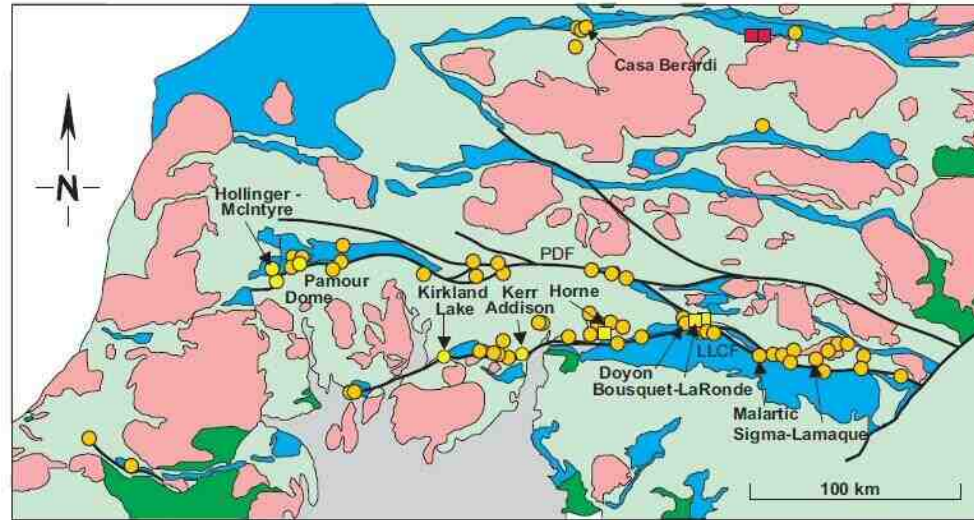
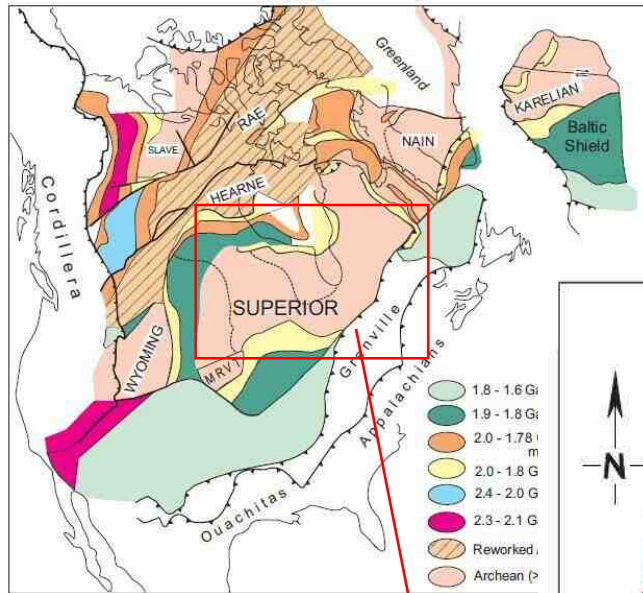
Le catene orogeniche di 3.5, 2.7, e 2.1 miliardi di anni fa (es., Canada-USA, W Australia, Brasile, W Africa) sono **mostruosamente** ricche di filoni idrotermali auriferi ...

Ad esempio, tra Canada e USA ...

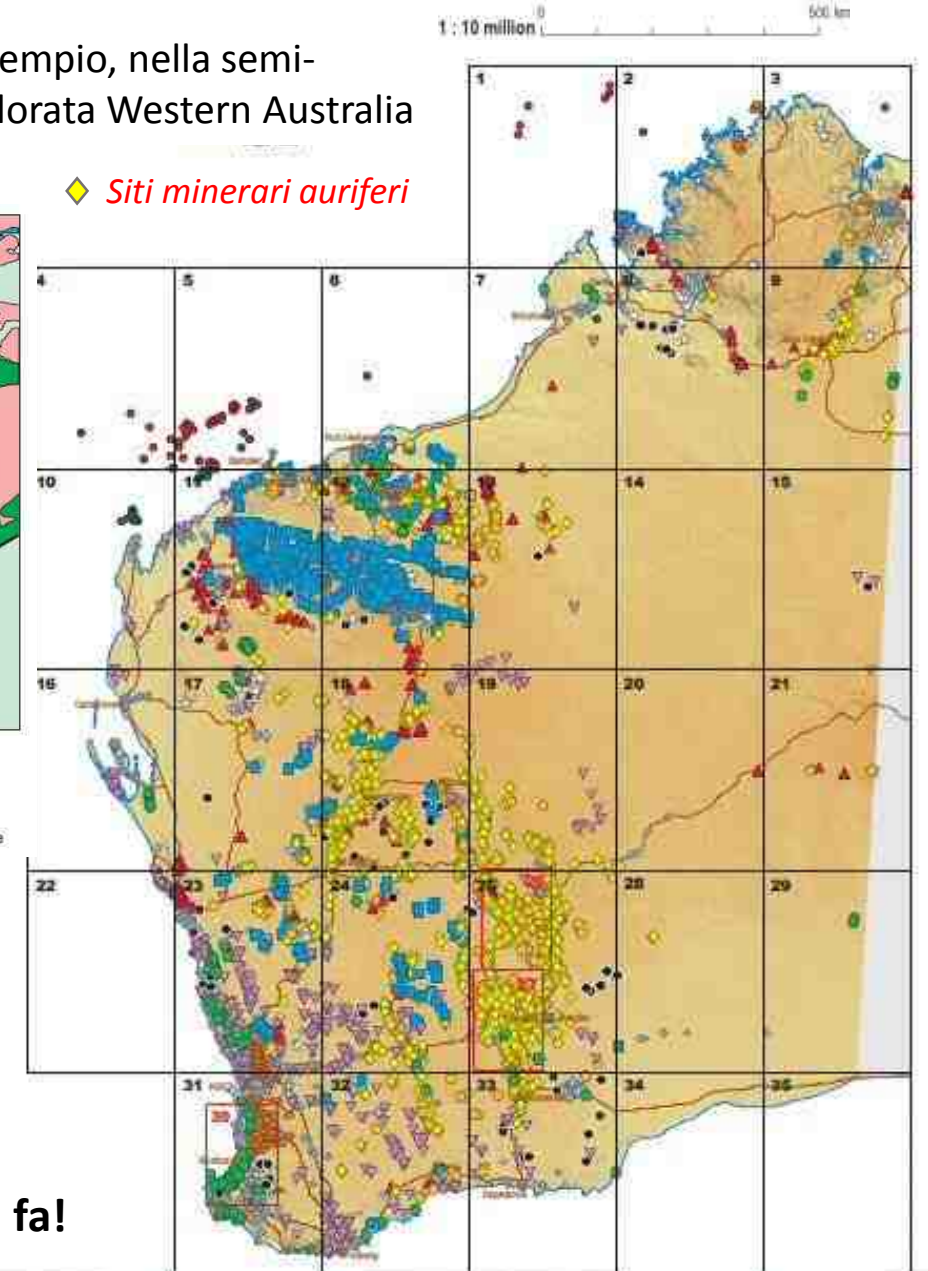
■ *Siti minerari auriferi*

Ad esempio, nella semi-inesplorata Western Australia

◆ *Siti minerari auriferi*



Ma c'è oro anche in catene orogeniche di 330 e fino a <30 milioni di anni fa!



Infatti li abbiamo anche noi i filoni auriferi orogenici! → Alpi Occidentali

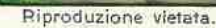
→ filoni dei distretti auriferi storici del Sempione (Crodo/Gondo), del Monte Rosa e del Gran Paradiso



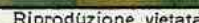
Es., poco a sud del Monte Rosa, a 3200 m slm ...



<http://www.figlidellaminiera.com/>



Spiegazione a tergo.



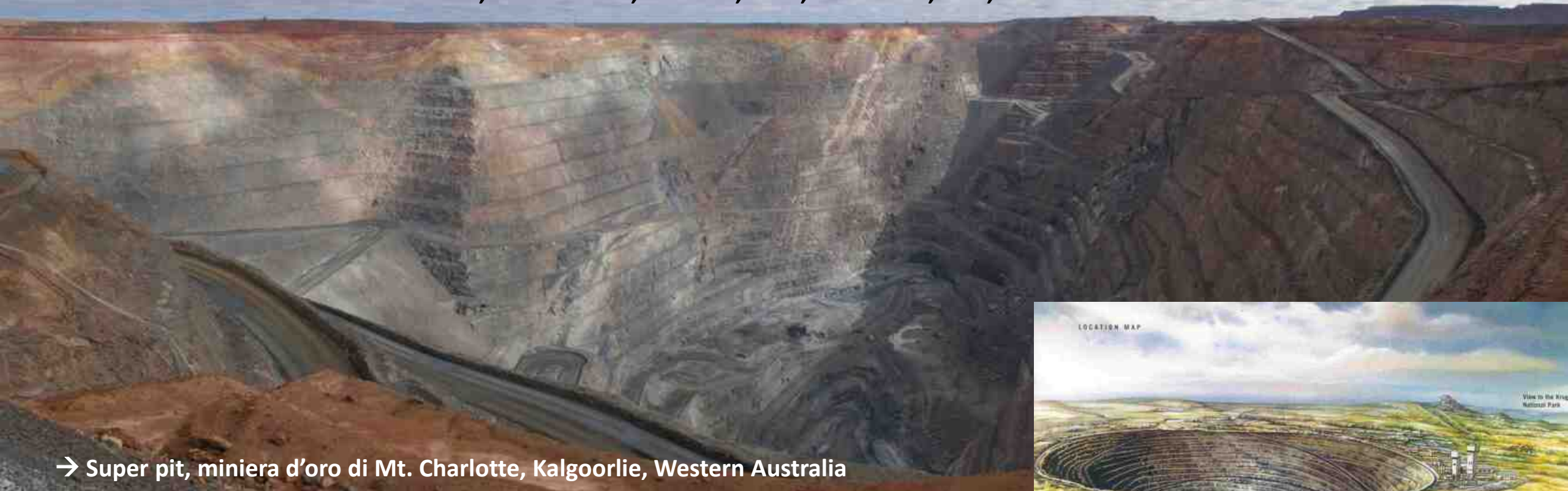
Spiegazione a tergo.

La coltivazione dei filoni auriferi del Monte Rosa avveniva con modalità non troppo diverse da quelle impiegate nel Medioevo e nell'antichità ...

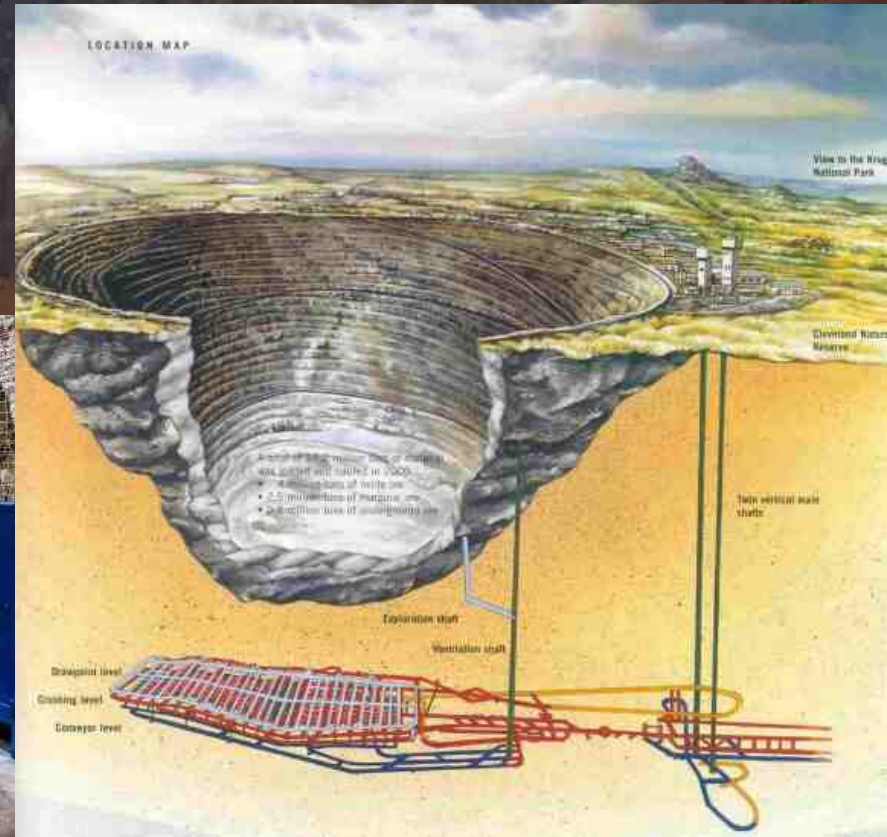


A—DESCENDING INTO THE SHAFT BY LADDERS. B—By sitting on a stick. C—By sitting on the dirt. D—DESCENDING BY STEPS CUT IN THE ROCK.

Attualmente l'apertura di una miniera avviene dopo un lungo percorso di prospezione e valutazione (2-3 anni)
Coltivazione mineraria moderna → es., in Australia, Canada, USA, Sudafrica, Cile, Scandinavia ...

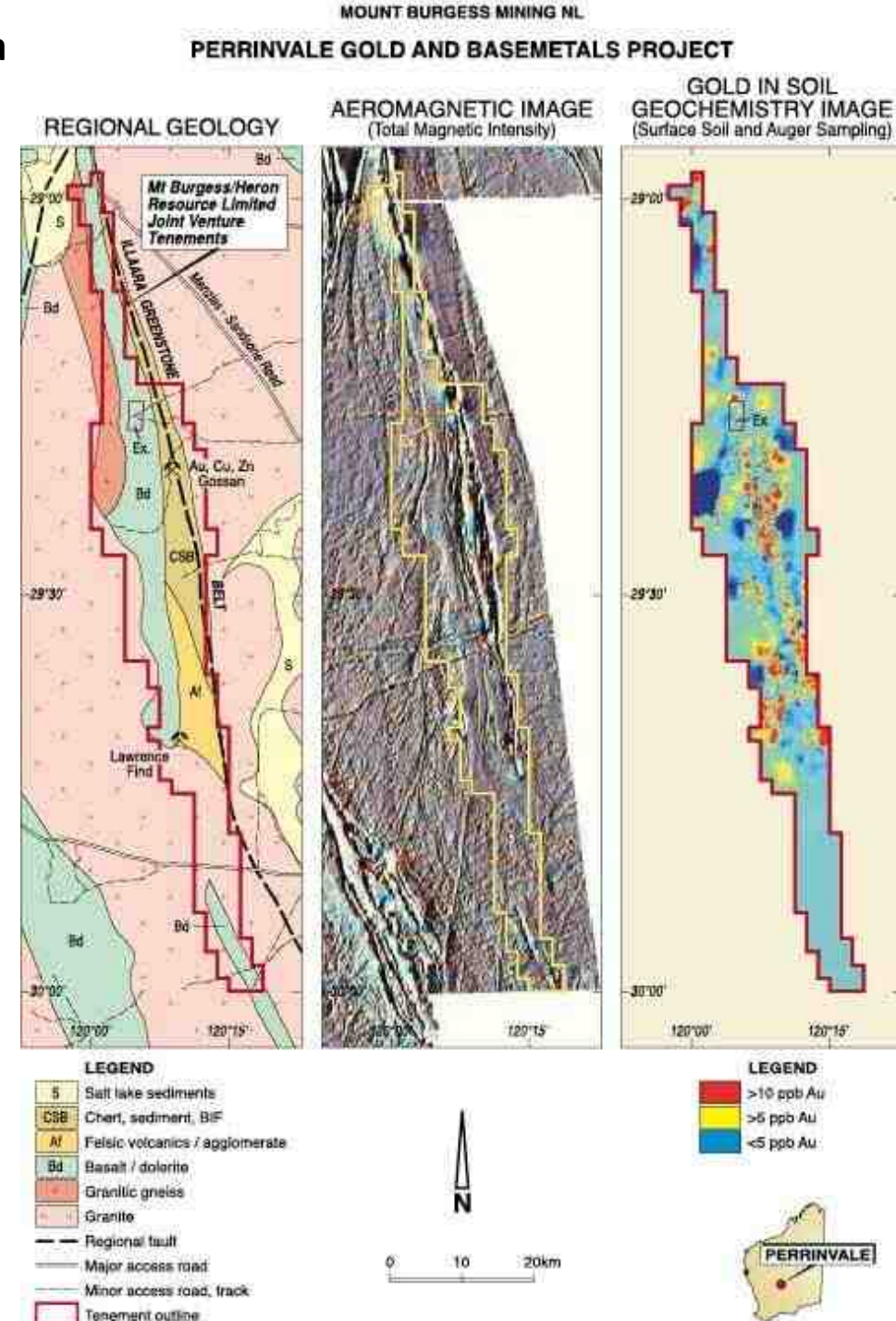
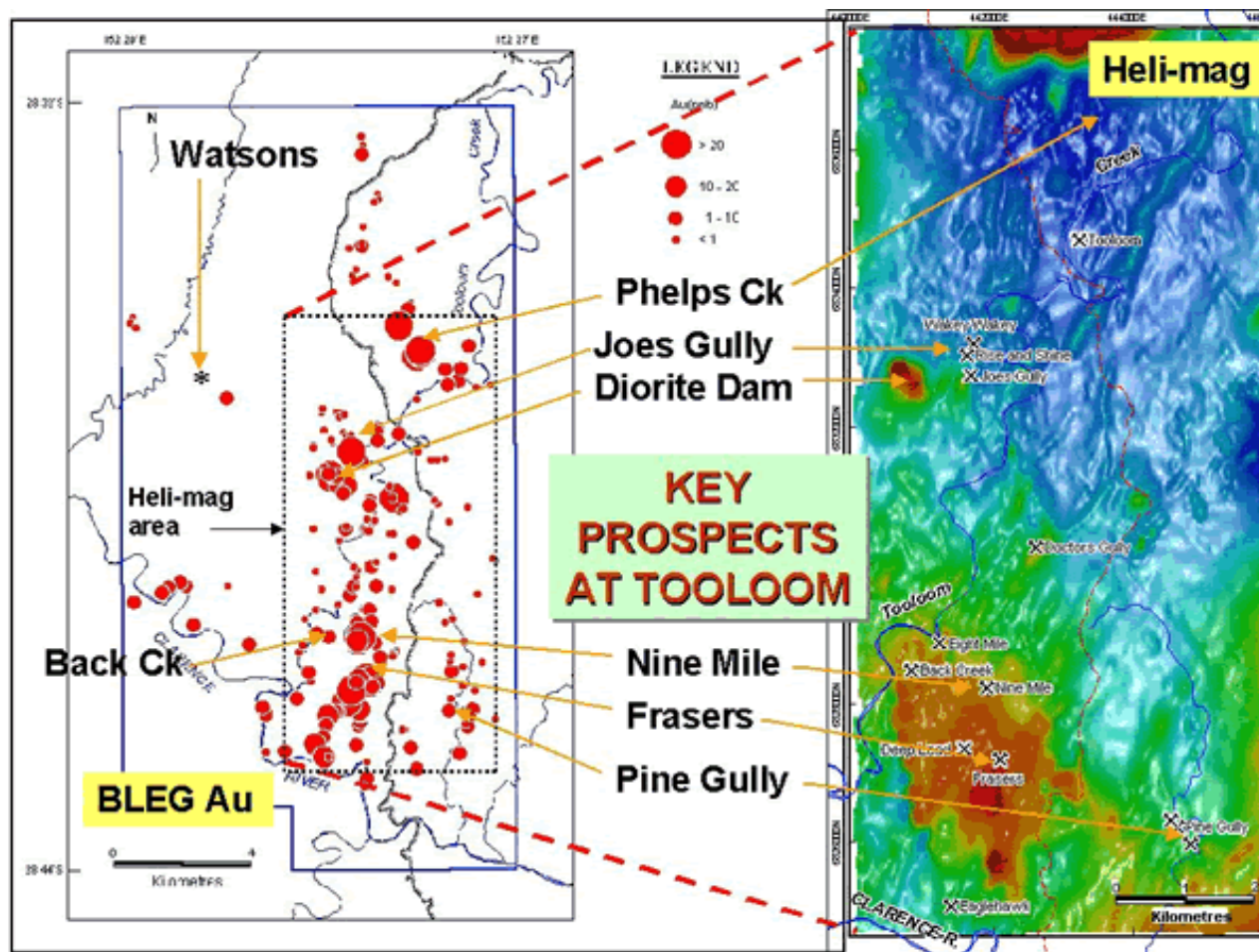


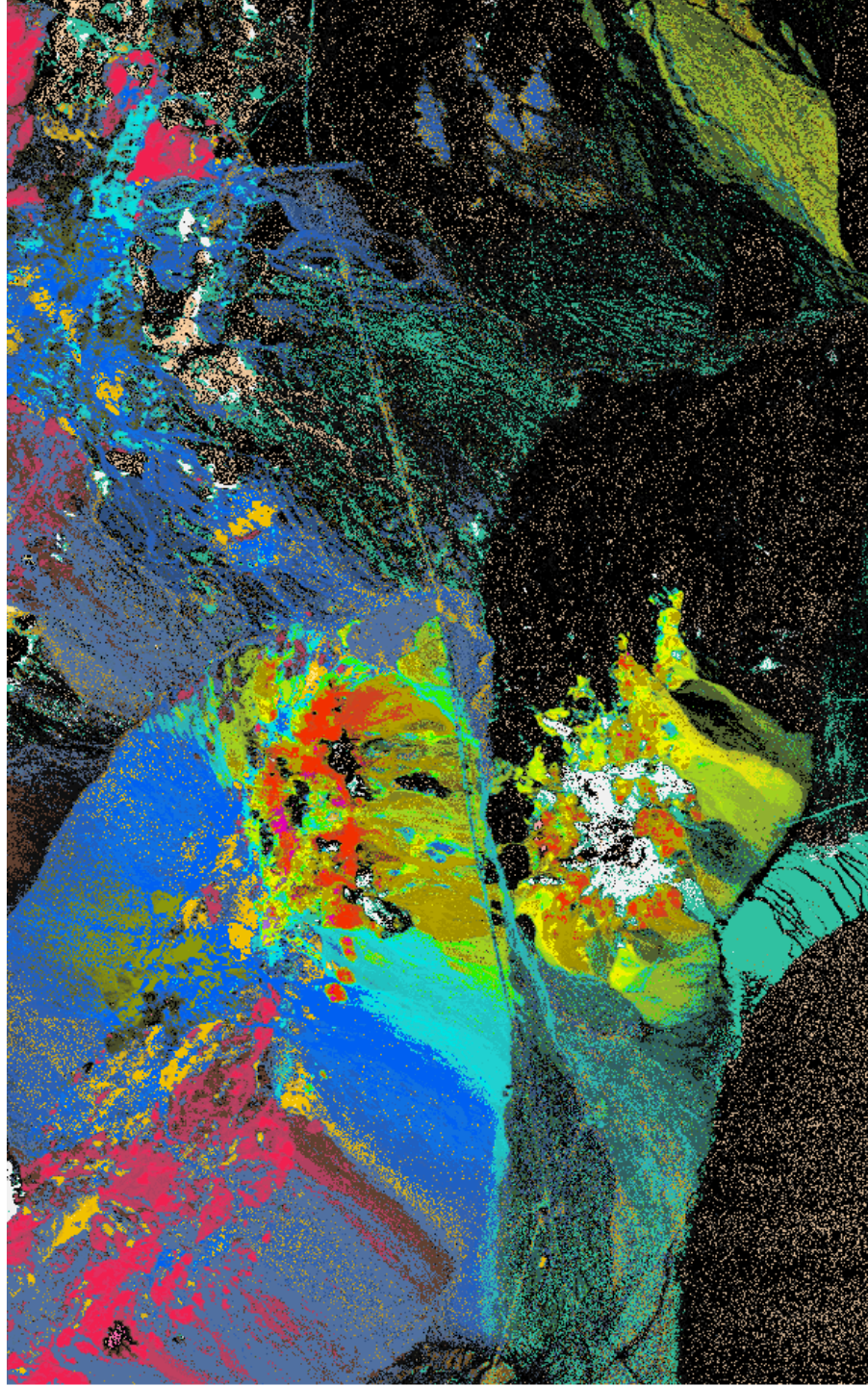
→ Super pit, miniera d'oro di Mt. Charlotte, Kalgoorlie, Western Australia



Come si individuano i depositi auriferi? **Prospezione mineraria moderna**

- **Sedimenti fluviali**
- **Suoli** (... e perfino piante!)
- Studio di **rocce e strutture** (faglie e pieghe) nel basamento roccioso
- **Geofisica e remote sensing** (es., immagini da satellite)
- e, alla fine, **perforazioni con carotaggi** **\$\$\$\$**





Cuprite, Nevada
 AVIRIS 1995 Data
 USGS
 Clark & Swayze
 Tricorder 3.3 product

- K-Alunite 150C
- K-Alunite 250C
- K-Alunite 450C
- Na82-Alunite 100C
- Na40-Alunite 400C
- Kaolinite wxl
- Kaolinite pxl
- Kaolinite+smectite or muscovite
- Halloysite
- Dickite
- Alunite+Kaolinite and/or Muscovite
- Calcite
- Calcite + Montmorillonite
- Calcite +Kaolinite
- Na-Montmorillonite
- low-Al muscovite
- med-Al muscovite
- high-Al muscovite
- Jarosite
- Buddingtonite
- Chalcidony
- Nontronite
- Pyrophyllite + alunite
- Chlorite + Montmorillonite or Muscovite
- Chlorite

2 km
 N

**Immagini da
 satellite ed
 aeroportate**

Con gli scanner
 multi-spettrali
 moderni si
 possono
 individuare
 facilmente le aree
 dove si sono
 arricchiti in modo
 particolare vari
minerali «spia»
 che si depositano
quasi sempre o
solo insieme
all'oro!

*Es., **alunite + kaolinite** per i
 giacimenti di Au associati
 ai campi geotermici ed alle
 sorgenti calde*

Convenienti, rapidi, tradizionali ma ancora attuali metodi professionali di campionamento di sedimenti sciolti



vanga + secchio + setaccio + pan



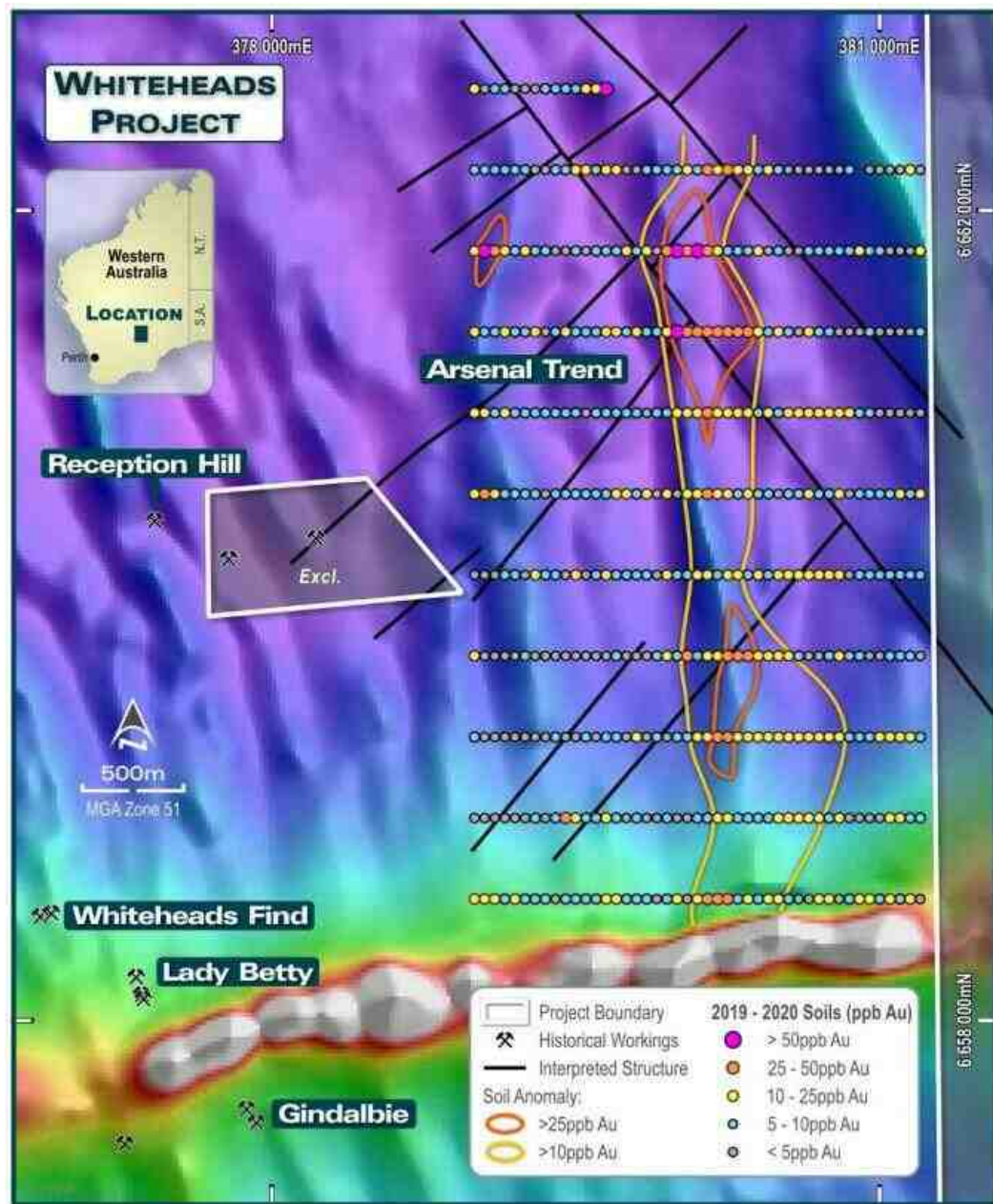
paletta per gli *stream sediments*
(sacche di limo da piena ai bordi dei
corsi d'acqua)



Sia per lavoro che per il weekend ...

← N.B.: il panning per diamanti
è diverso da quello per oro!

Moderno, e rapido, campionamento di sedimenti sciolti e suoli (quando si ha il cash ...) – Auger drilling rigs



Estrazione di Au in massa tramite una soluzione di cianuro (BLEG) oppure leaching rapido con **aqua regia** ($\text{HCl} + \text{HNO}_3$)

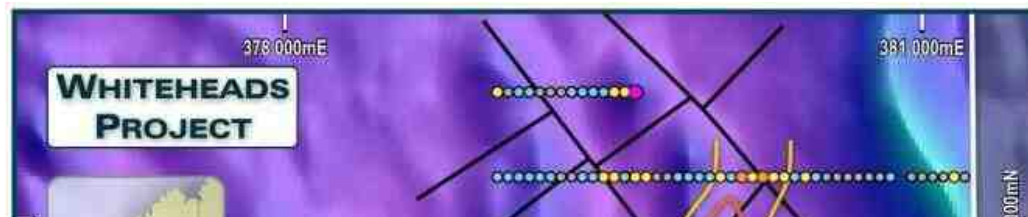
→ Scioglie Au libero e solfuri con metalli d'interesse + inclusioni di Au ma non la maggior parte dei silicati



Gold

Gold+Salzsäure

Moderno, e rapido, campionamento di sedimenti sciolti e suoli (quando si ha il cash ...) – Auger drilling rigs



Auger rig da weekend ...

Estrazione di Au in massa tramite una soluzione di cianuro (BLEG) oppure leaching rapido con **aqua regia** ($\text{HCl} + \text{HNO}_3$)

→ Scioglie Au libero e solfuri con metalli d'interesse + inclusioni di Au ma non la maggior parte dei silicati





Corsa dell'oro California, fine '800
– suoli auriferi

I suoli nelle aree tropicali sono particolarmente importanti per trovare giacimenti d'oro, ai giorni nostri (→ campionamenti sistematici) ma anche nel passato!

Infatti, come nel caso dei placers fluviali, i suoli tropicali sono e sono stati spesso il primo «giacimento» ad essere sfruttato, ricchissimo di pepite ...

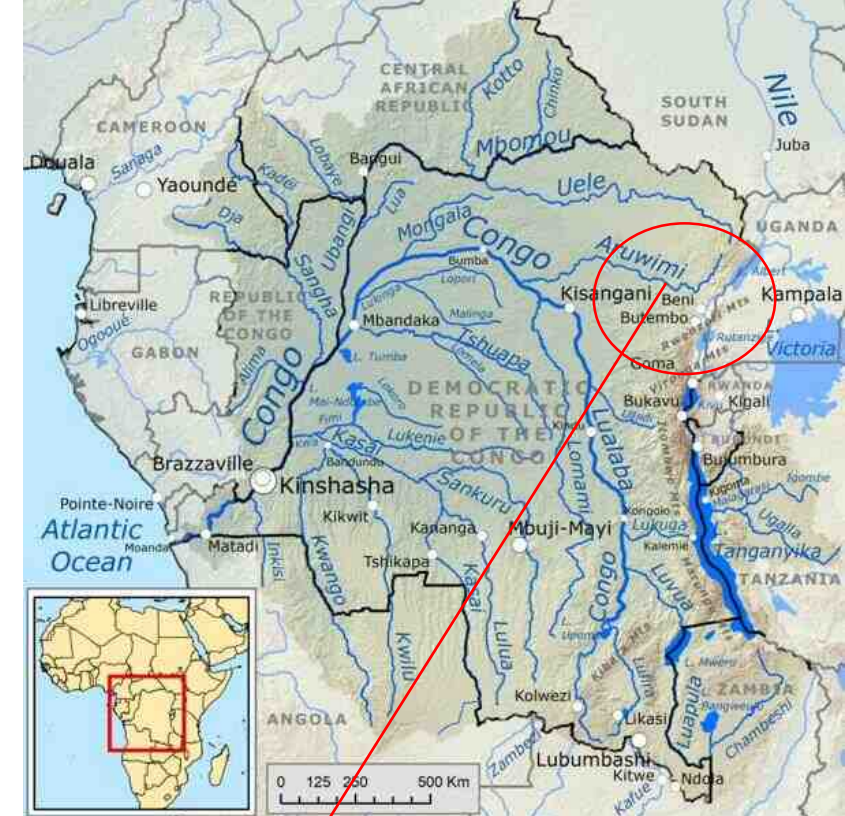
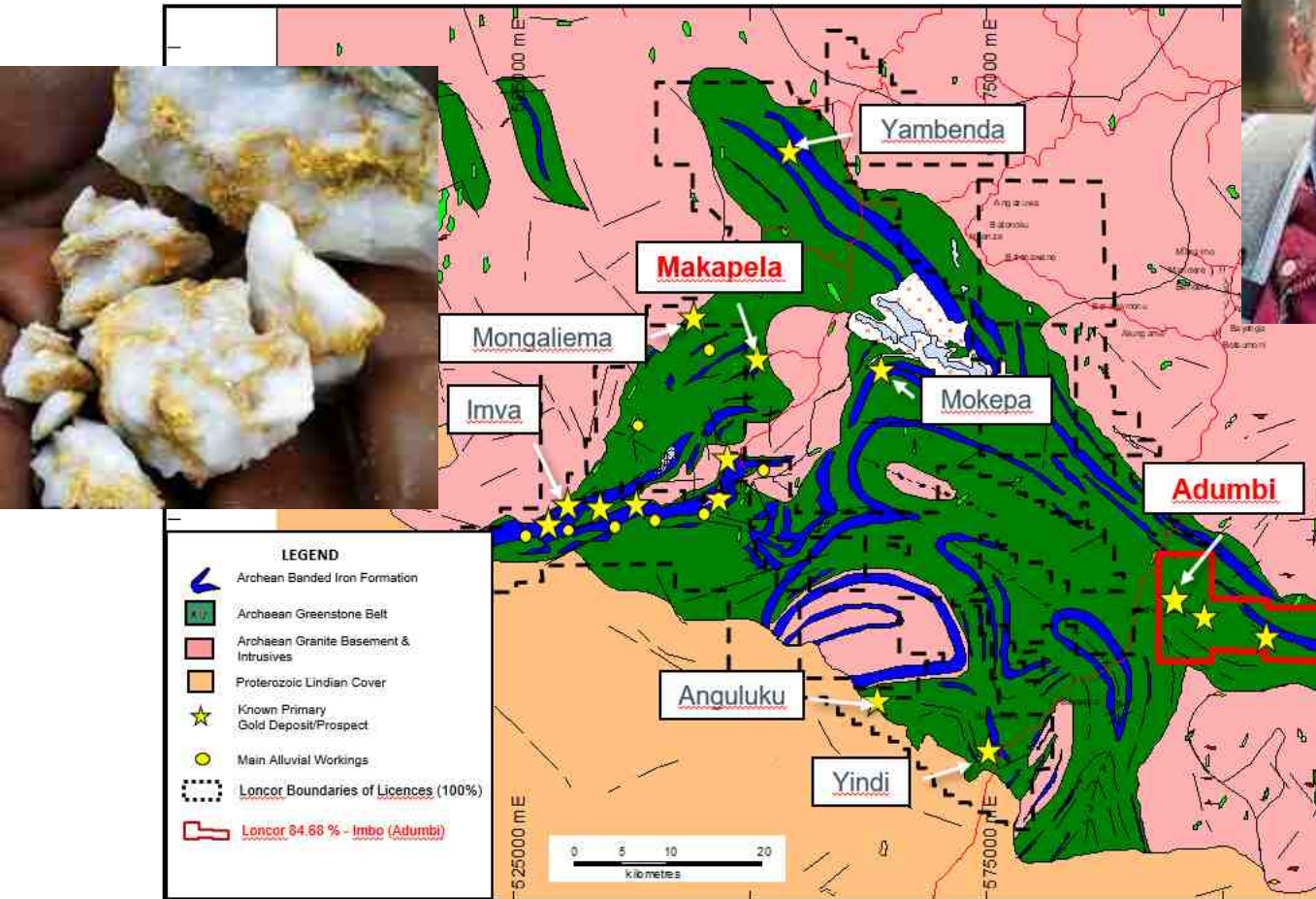
Serra Pelada - Amazonia
lateriti ad Au-Pt-Pd
(pepite fino a >50 kg ...)



La coltivazione mineraria moderna è tutt'altro che diffusa, specialmente nei paesi del Terzo Mondo e in via di sviluppo! Ma c'è comunque modo e modo di coltivare giacimenti → **compagnie minerarie rapaci vs. compagnie people-friendly (*)**

Il caso dell'Imbo project-Adumbi Hill, Ngayu belt, Congo

Compagnia mineraria: Loncor Gold Inc. (Canada) (*),
General manager / chief geologist: **Fabrice Matheys**



Dove siamo: fiume Imbo nella Provincia di Ituri, Congo orientale



Adumbi Hill – l'area dove stanno facendo i sondaggi in questo periodo ...



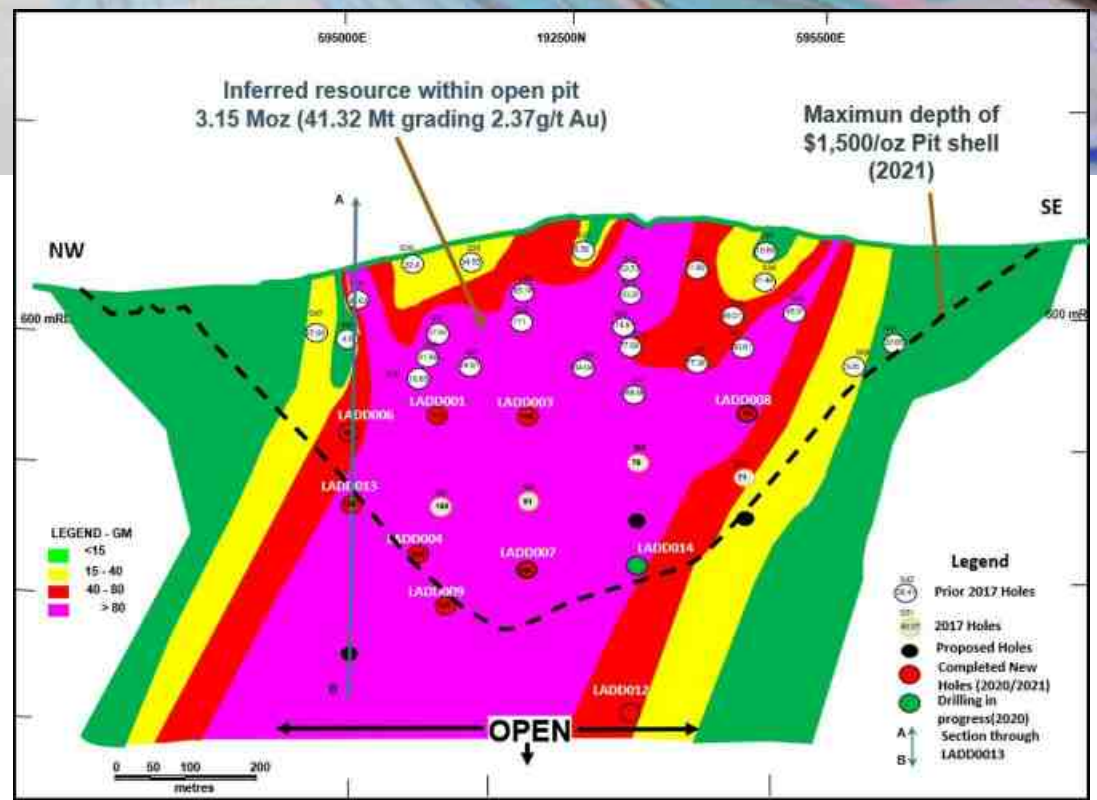
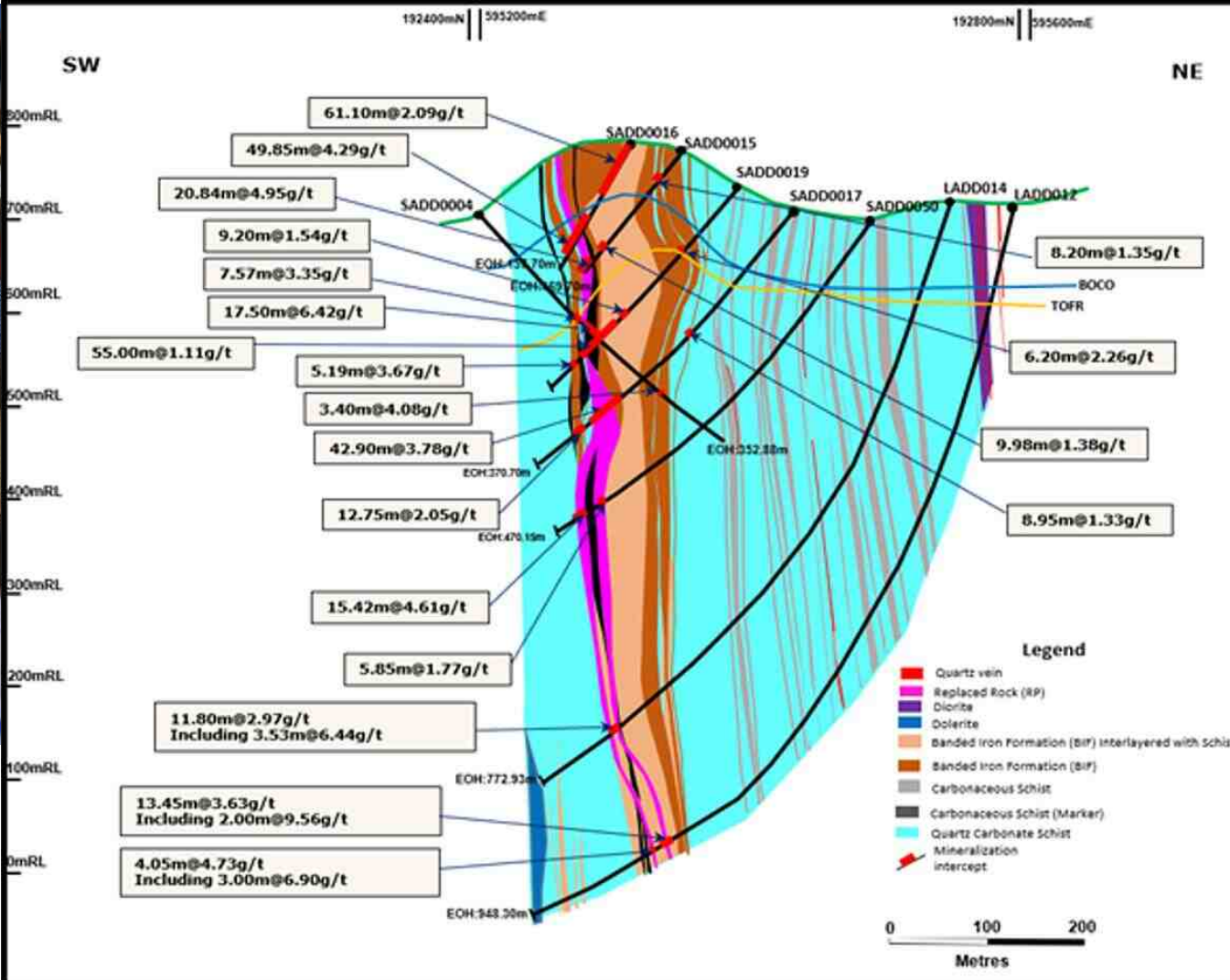
Adumbi Hill – la squadra di tecnici sondaggisti al lavoro





Le carote – «pane quotidiano» dei geologi d'esplorazione ...





Si discute, si aggiornano le carte e le sezioni geologiche con gli ultimi dati e alla fine si aggiorna il modello minerario ed economico del giacimento ... un tran tran abbastanza tranquillo DOPO ALMENO CINQUE ANNI DI LAVORO DI PREPARAZIONE

... ma l'inizio è stato tutto fuorchè comodo ...



Tutto inizia con i cercatori locali, al villaggio di Sainte Marie, con cui la compagnia si mette a collaborare



Tutto inizia con i cercatori locali, al villaggio di Sainte Marie, con cui la compagnia si mette a collaborare



Tutto inizia con i cercatori locali, al villaggio di Sainte Marie, con cui la compagnia si mette a collaborare



Tutto inizia con i cercatori locali, al villaggio di Sainte Marie, con cui la compagnia si mette a collaborare



Il grosso del lavoro si svolge nella cava dove affiora la mineralizzazione nella roccia parzialmente trasformata in suolo tropicale







Al villaggio i lavoratori macinano i campioni dei minatori locali e quelli della compagnia mineraria



Interventi per la popolazione locale: scuole e materiale didattico



Interventi per la popolazione locale: perforazioni per acqua potabile e organizzazione per distribuzione



Recente costruzione di una pista d'atterraggio
per piccoli aerei, per le emergenze



Recente costruzione di una pista d'atterraggio
per piccoli aerei, per le emergenze



... anche perché la logistica di solito è così ... 1



... anche perché la logistica di solito è così ... 2



... forse va meglio per i (moto)ciclisti ...



... forse va meglio per i (moto)ciclisti, ma non sempre ...



... visto il territorio, ci sono vie e mezzi di trasporto alternativi molto popolari ...



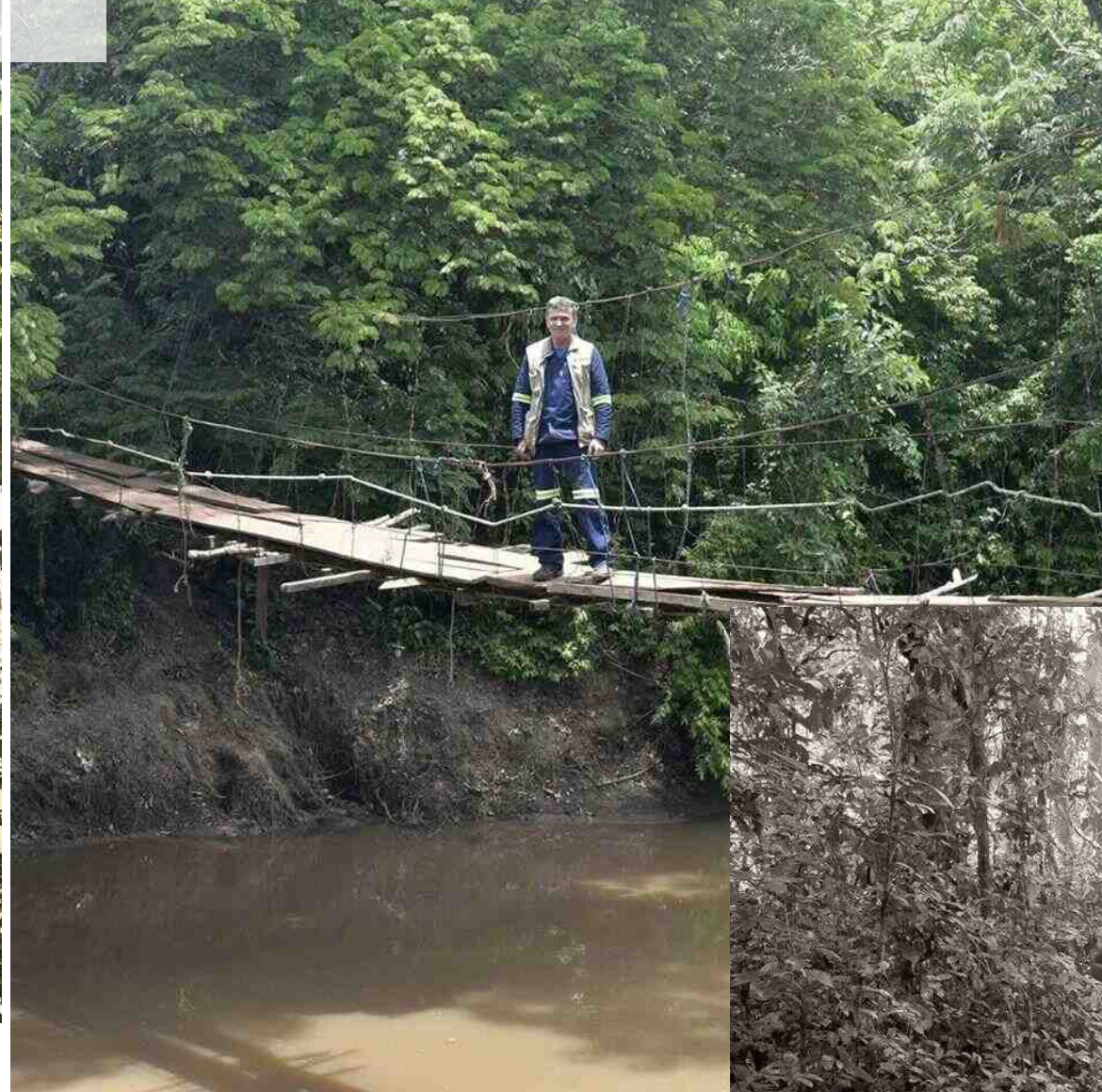
... visto il territorio, ci sono vie e mezzi di trasporto alternativi molto popolari ...



... visto il territorio, ci sono vie e mezzi di trasporto alternativi molto popolari ...



... ma si va anche tanto a piedi ...



... si va anche tanto a piedi, specialmente se si è geologi ...



... le scarpe del geologo a fine giornata



... per finire, personaggi ed aspetti locali simpatici ...



... per finire, personaggi ed aspetti locali simpatici ...



ed altri un po' meno simpatici ...



ed altri un po' meno simpatici ...



Per non farsi mancare niente, in zona ci sono anche i cercatori di diamanti, pare meno amichevoli dei cercatori d'oro...



Grazie!

L'oro al microscopio

